

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-326494

(43)Date of publication of application : 12.12.1995

(51)Int.Cl.

H05H 1/46

C23F 4/00

H01L 21/205

H01L 21/3065

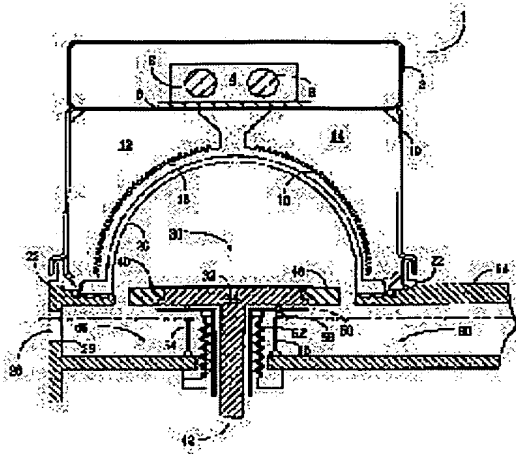
(21)Application number : 05-300979 (71)Applicant : NOVELLUS SYST INC

(22)Date of filing : 04.11.1993 (72)Inventor : BENZING JEFFERY C
BROADBENT ELIOT K
ROUGH J KIRKWOOD
H

(30)Priority

Priority	92 971363	Priority	04.11.1992	Priority	US
number :		date :		country :	

(54) PLASMA PROCESSING SYSTEM



(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a plasma source system which can provide appropriate ion density to achieve a high etching speed, uniform ion current to remove uniformly material of a substrate with a big diameter, more uniform ion distribution in plasma and higher ion directivity in a structure with a big aspect ratio, and which is implemented by a machine with a simple construction.

CONSTITUTION: This plasma processing device for manufacturing of an integrated circuit has a chamber 30 and a platen 40 to support a substrate 32 in the chamber

on its surface. It has a semi-spherical induction coil 18 in which a winding on its base is almost in parallel with the surface of the platen 40, is also on the same surface other windings are almost in parallel with the surface of the platen respectively and a chamber is placed inside, a radio frequency power source with a low frequency connected to the induction coil 18, and a bias power source connected to the platen to bias the substrate 32.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-326494

(43) 公開日 平成7年(1995)12月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/46	A	9216-2G		
C 2 3 F 4/00	A	9352-4K		
H 0 1 L 21/205				
21/3065				

H 0 1 L 21/ 302 B
審査請求 有 請求項の数13 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-300979

(22) 出願日 平成5年(1993)11月4日

(31) 優先権主張番号 07/971, 363

(32) 優先日 1992年11月4日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591175099

ノベラス・システムズ・インコーポレイテッド

NOVELLUS SYSTEMS INCORPORATED

アメリカ合衆国カリフォルニア州95134-1510・サンノゼ・ピスタモンタナ 81

(72) 発明者 ジェフリー・シー・ベンジン

アメリカ合衆国カリフォルニア州95070・サラトガ・マイケルズドライブ 21107

(74) 代理人 弁理士 大島 陽一

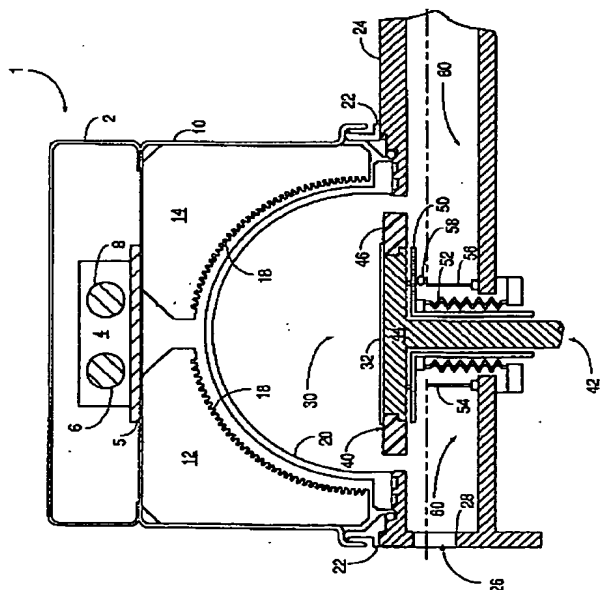
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマプロセス装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 高いエッチング速度を達成するための適切なイオン密度、直径の大きい基板の材料を均一に除去するための均一なイオン電流、プラズマ内でのより均一なイオン分布及びアスペクト比の大きい構造内のイオンのより高い指向性を提供することのできる、簡単な構造の機械によって実施されるプラズマ源システムを提供する。

【構成】 チャンバ30と、チャンバ内の基板32をその表面上に支持するプラテン40とを有する、集積回路製造用のプラズマプロセス装置であって、その基部の巻線がプラテン40の前記表面に略平行であって、かつ表面と同一平面上にあり、他の巻線が各々プラテンの表面に略平行であり、チャンバが内部に配置された半球型のインダクションコイル18と、インダクションコイル18に連結された低周波ラジオ周波電源と、基板32をバイアスするためにプラテンに連結されたバイアス電源を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チャンバと、前記チャンバ内の基板をその表面上に支持するプラテンとを有する、集積回路製造用のプラズマプロセス装置であって、その基部の巻線が前記プラテンの前記表面に略平行であって、かつ前記表面と同一平面上にあり、他の各々の巻線が前記プラテンの前記表面に略平行であり、前記チャンバが内部に配置された半球型のインダクションコイルと、前記インダクションコイルに連結された低周波ラジオ周波電源と、前記基板をバイアスするために前記プラテンに連結されたバイアス電源とを有することを特徴とするプラズマプロセス装置。

【請求項 2】 前記チャンバが半球型の容器内に収納され、前記インダクションコイルが前記容器の半球型の表面と略同じ形状を有することを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】 前記容器が水晶のベルジャーからなることを特徴とする請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】 前記容器が酸化アルミニウムのベルジャーからなることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】 前記インダクションコイルの前記巻線が銅製のチューブからなり、前記銅製のチューブの一方の端部から冷却用流体を供給し、前記銅製のチューブのもう一方の端部から冷却用流体を除去するための冷却システムを更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】 前記バイアス電源が高周波ラジオ周波電源からなることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】 プラズマが、0.6 mTorr の圧力で、前記プラテンの略上の前記チャンバ内で動作可能に維持されることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】 チャンバと、前記チャンバ内の基板をその表面上に支持するプラテンとを有する、集積回路製造用のプラズマプロセス装置であって、前記チャンバを収納するための半球型の水晶の壁を備えた容器と、前記プラズマの境界内の前記領域に進入する電子を加速し、前記プラズマの放電の内部の軸方向の磁界を打ち消すべく、前記水晶の壁の付近の領域内に低周波で振動する方位電界を誘起する手段と、前記誘起手段とは個別に前記ウエハ上にバイアス電圧を印加する手段とを有することを特徴とするプラズマプロセス装置。

【請求項 9】 集積回路製造用のプラズマプロセス装置であって、上板を備えたハウジングと、真空チャンバを収納するために前記上板に取着され、かつ半球型の水晶の壁を備えたベルジャーと、

前記真空チャンバ内で半導体ウエハを支持するための主面を備えたプラテンと、

前記ベルジャーの前記水晶の壁と略同じ形状を有し、前記プラテンと略平行な複数の巻線を有し、前記巻線の 1 つがその基部にあると共に前記プラテンの前記主面と同一平面上にある半球型のインダクションコイルと、前記チャンバにガスを送るためのガスシステムと、前記ベルジャーの壁付近の前記チャンバ内に振動する方位電界を誘起するために、一方の端部が前記ハウジングに連結された前記インダクションコイルのもう一方の端部に整合ネットワークを通して連結された低周波ラジオ周波電源と、

前記ウエハをバイアスするために前記プラテンに整合ネットワークを通して連結された高周波ラジオ周波電源とを有し、

プラズマが 1.0 mTorr 程度の低い圧力で前記チャンバ内で動作可能に維持されることを特徴とするプラズマプロセス装置。

【請求項 10】 前記インダクションコイルの前記巻線が、前記ベルジャーを収納するために充分な内側の体積を備えた単層の半球型の拡張する螺旋を形成することを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】 冷却水を前記銅製のチューブからなる前記インダクションコイルの前記巻線を通して前記インダクションコイルに循環させるための冷却システムを更に有することを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 12】 プラズマが 0.6 mTorr 程度の低い圧力で前記真空チャンバ内に動作可能に維持されることを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 13】 プラズマが 0.1 mTorr 程度の低い圧力で前記真空チャンバ内に動作可能に維持されることを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はプラズマ源に関し、特に集積回路を製造するための誘導プラズマ源に関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマエッチングは多くの分野において利用されているが、特に集積回路の製造分野で用いられている。集積回路の製造では、種々の材料内に厳密に制御されたサブミクロンの寸法の形状を複写することと、微細な構造及び残りの材料に損傷を与えずに選択的に材料を取り除くことが要求される。集積回路を製造するためのプラズマエッチングの具体例には、イオンスパッタクリーニング、同時に行われる気相成長法（“CVD”）とエッチングとを含む絶縁層の充填、レジストを用いない化学ブランケットエッチバック、及びレジストを用いた化学パターンエッチングがある。

【0003】種々のプラズマ源と反応炉の幾何学的な設計は、プラズマデポジション及びプラズマエッチングに

用いられることが知られている。例えば、電子サイクロトロン共振（“ECR”）源は、合衆国マサチューセッツ州WoburnのApplied Science and Technology 社またはマサチューセッツ州PlymouthのWAVEMAT社から入手することができる。また、ウエハの洗浄及びエッチングプロセスは、絶縁チャンバの上板の上に取り付けられた平坦な螺旋状に配置された誘導巻線と同様に、一定または変化する種々のピッチを備えた誘導巻線を有する種々の直径の円筒形の水晶容器を用いる装置によって実施されてきた。ラジオ周波数（“rf”）のダイオード及びトライオード構造では、ウエハ電極及び他の電極がプラズマを発生するために13.56MHzで駆動される。

【0004】 幾つかのプラズマエッチング法の1つである物理スパッタリングは、シースを通過し、エッチングされる材料にエネルギーと運動量とを伝達するエネルギーの高いイオンによって材料を除去する。従来技術の誘導性に結合されたキャビティ及びダイオードとトライオードとの機構の多くで実施されたように、物理スパッタリングは、低い材料除去速度、イオン電流の均一性が低いためにエッチングの均一性が低いこと、及びイオンのエネルギーが高いためにイオンの衝突及び注入から基板が受ける電氣的な損傷を含む多くの不利益を有する。ECR源は、改良された性能を提供するが、しかし誘導型のスパッタ源よりも非常に複雑になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 以上のことから、高いエッチレートを達成するための適切なイオン密度、直径の大きい基板の材料を均一に除去するための均一なイオン電流、プラズマ内でのより均一なイオン分布及びアスペクト比の大きい構造内のイオンのより高い指向性を提供することのできる、簡単な構造の機械によって実施されるプラズマ源システムを提供することが必要とされる。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上述の目的は、チャンバと、前記チャンバ内の基板をその表面上に支持するプラテンとを有する、集積回路製造用のプラズマプロセス装置であって、その基部の巻線が前記プラテンの前記表面に略平行であって、かつ前記表面と同一平面上にあり、他の巻線が各々前記プラテンの前記表面に略平行であり、前記チャンバが内部に配置された半球型のインダクションコイルと、前記インダクションコイルに連結された低周波ラジオ周波電源と、前記基板をバイアスするために前記プラテンに連結されたバイアス電源とを有することを特徴とするプラズマプロセス装置を提供することによって達成される。

【0007】

【作用】 本発明の実施例である誘導型プラズマ源では、インダクションコイルは半球型をしている。基板が導入されるチャンバは、インダクションコイル内に配置され

ている。他の実施例では、インダクションコイルは半球型の容器の輪郭に沿った形状を有し、チャンバをその内部に含んでいる。更に他の実施例では、電源は周波数約450kHz、出力200~2000Wの低周波電源であり、圧力は約0.1~100mTorrである。

【0008】

【実施例】 図1は半球型誘導プラズマ源1の断面を表しており、図2は半球型誘導プラズマ源1の簡略化された斜視図が示されている。半球型誘導プラズマ源1は、高さ26.62cm、幅43.82cmのステンレス鋼製のハウジング10内に配置され、かつ4個の巻線用型枠の拡張する螺旋型のパターンによって形成された半球型のインダクションコイル18を含んでいる。図を明瞭にするために型枠12及び14だけが描かれている。インダクションコイル18の組立を容易にするために、4個の型枠が用いられているが、組立方法によっては、単一の型枠のような他の形式の型枠が用いられる。巻線用型枠、例えば型枠12及び14は、ナイロンなどの絶縁材料を含む任意の適切な材料から形成されている。インダクションコイル18は、任意の適切な絶縁材料の帯、接着剤またはセメントによって巻線用型枠、例えば型枠12及び14内のチャンネルの内側の定位置に保持されている。型枠12及び14を含む巻線用型枠は、ねじまたは接着剤によって従来通りにハウジング10に締着されている。

【0009】 インダクションコイル18は、内径3.0mm及び外径4.75mmの銅製のチューブからなる。半球型のインダクションコイル18は、中心線の半径が7.75cmである。インダクションコイル18の拡張する螺旋型のパターンは、36本の巻線からなる。第1の巻線は、基板32と略同一平面上にあり、後続の各巻線は、2.432°ずつ変位しながら螺旋状に上昇し、全体で36本の巻線からなるインダクションコイルが形成される。

【0010】 組立作業中に、インダクションコイル18は、例えば1.91cmの適切な厚さを有するステンレス鋼製のチャンバの上板24に接続された水晶容器またはベルジャー200に収容された真空チャンバ30の上に配置されている。好ましくは、容器20は半円形の形状を有し、真空キャビティ内に平衡のとれたラジオ周波数の結合（均一な絶縁空隙）が形成される。一般に、容器の材料は、真空中に充分耐えるような構造的な完全性を備えた絶縁材料からなる。適切な材料は、水晶、パイレックス（ホウ珪酸ガラス）、アルミニウム酸化物（サファイアとして知られているAl₂O₃）、ポリアミド及びその他の酸化物複合材料または窒化物複合材料を含む。例えば、容器20の半径は17.78cmであり、容器の材料は厚さ0.51cmの水晶である。インダクションコイル18は、容器20の半円形の輪郭に沿った形状を有し、容器20は真空状態を保ち、かつ例えば製造中の集

積回路を含む半導体ウエハ32である基板を収納することができる。

【0011】ハウジング10は、任意の好適な方法によって、チャンバの上板24の上に取着されている。図1は、誘導プラズマ源1からスプリアスのラジオ周波数が放射されることを防止するための銅箔を含むRFシールド22によって係合されたハウジング10を示している。

【0012】例えば200mmの直径の半導体ウエハ32は、ウエハ32の下に配置されたステンレス鋼製のプラテン部分44と、プラテン部分44の平面の上及び平面内に延在するセラミック製のダークスペースリング46とを備えたプラテン40を含む導電性の（例えばステンレス鋼）ウエハ支持脚部42によってチャンバ30内に支持されている。プラテン部分44の直径は18.35cmであり、ダークスペースリング46の外径は28.62cmである。プラテン40の下には、外径20.32cmのダークスペースシールド50が配置されている。

【0013】脚部42は、適切な機構（図示されていない）によって駆動されて垂直方向に動くことができる。脚部42の位置は、プラズマエッチングシステムがプロセスモードで動作しているかまたはウエハ転送モードで動作しているかによって決定される。プロセスモードでは、図1に示すようにプラテン40はチャンバ30内に配置されている。大気圧中の脚部駆動システムの機械的な構成要素をチャンバ30及び60内の真空から分離するために、ベロウ52が十分に延出している。ウエハ32はプロセスチャンバ30内で脚部42の上に配置されている。

【0014】ウエハをアンロードするために、脚部42は7.54cmの高さに配置され、またウエハをロードするために、脚部42は高さ4.60cmのシールド可能なウエハ転送開口部26をその一方の端部に含むウエハ転送領域60へ下降される。ベロウ52は十分に圧縮され、3個のリフトピン（リフトピン54及び56のみが図示されている）が、脚部42が下降したときにウエハ32を転送領域60内の定位置に保持するようにプラテン40に形成された孔（図示されていない）を通して突出する。ウエハ転送アーム（図示されていない）が、ウエハ転送モードの間にウエハ転送フランジ28を越えて転送領域60内に達することができるように、シールド可能なウエハ転送開口部26が提供されている。適切なウエハ転送アーム及び関連する機構は公知の技術である。ウエハ転送動作中に、転送アームの端部にある歯がウエハ32の下に挿入され、ウエハがリフトピン（例えばピン54及び56）によって支持される。転送アームは上昇してリフトピンからウエハ32を持ち上げ、転送アームが収縮してウエハ32が転送領域60から除去される。新しいウエハが歯の上に配置され、そして転送アームが次にリフトピン（例えば54及び56）の上の位置に移動する。転送アームが下降かつ収縮し、ウエハ32をリフ

トピンの上に配置する。次に脚部42が上昇し、ウエハ32がプラテン40の上に配置される。

【0015】インダクション源1は、スパッタ洗浄、化学ブランケットエッチバック、化学パターンエッチング、及びプラズマ気相成長法（“PECVD”）を含む種々の用途に適している。イオンスパッタ洗浄は、低圧アルゴンガスのような適切な不活性ガスから発生したプラズマを用いて、基板表面の材料に運動量を与えて材料を基板表面から除去するものである。図1に示されたエッチ洗浄用のインダクション源1の配置では、アルゴンガスは、プラテン40のすぐ下のチャンバの側壁に設けられた単一のポート58（図1）を通して、チャンバ30内に導かれる。化学エッチングは、不活性ガスの代わりにより高い圧力の反応性ガスを用い、フォトレジストまたは他のマスク材料が配置された場所をエッチバックしたり、パターン通りにエッチングしたりすることに適している。圧力が高いかまたは種の反応性が大きいために、化学エッチング用のインダクション源装置（図示されていない）は、反応性ガスを導入するための複数のポートを基板に関して対称的に有することが好ましい。PECVDは、フィルムデポジションを誘導する異なる反応性ガスを用いている。PECVD用のインダクションシステムの装置では、対称的に配置された複数のポートが用いられることが好ましい。基板のバイアス調整を注意深く行うことによって、PECVD用のインダクション源は絶縁ギャップの充填に適している。

【0016】適切な形式の真空システム（図示されていない）が、チャンバ30を弱真空にするために、転送領域60に接続されている。適切な真空システムは、当業者にはよく知られている。チャンバ30が弱真空にされた後、イオンスパッタ洗浄に適した好ましくはアルゴンガスからなるプロセスガスが、ポート58を通してチャンバ30に供給され、プロセスガスの所望の圧力を達成する。イオンスパッタ洗浄では、十分なアルゴンが導入され、約0.1～100mTorr、好ましくは0.1～10mTorrの範囲内の低い圧力が形成される。

【0017】インダクションプラズマ源1のラジオ周波数（“rf”）サブシステムは、ステンレス鋼製のrf整合外被2内に封入された整合キャパシタンス6及び8を有する。キャパシタンス6及び8は、バスバー（バスバー4のみが図示されている）に接続されており、アセンブリはハウジング10に取着された絶縁ブロック5に取着されている。

【0018】インダクションコイル18は、図3に詳しく示されているように、rf整合ネットワークキャパシタンス6及び8に接続されている。キャパシタンス6及び8は各々、銅製のバスバー4に螺合された一方の端子と銅製のバスバー204に螺合されたもう一方の端子とを有する。バスバー4は、低周波電源410（図5）に接続されている。バスバー204は、フィッティング2

08を通してインダクションコイル18を形成する銅製のチューブの端部206に接続されている。フィッティング208は、バスバー204を通してチャンネルに螺合されている。他のフィッティング210が、チャンネルの他の端部に螺合されている。テフロンチューブ212が、冷却用流体を伝えるためにフィッティング210に接続されている。インダクションコイル18は、図4に詳しく示されているようにアースされた上板24に連結されている。バスバー302はネジ304によってハウジング10にネジ止めされ、かつフィッティング308を通してインダクションコイル18を形成する銅製のチューブの端部306に接続されている。フィッティング308は、バスバー302を通してチャンネルに螺合されている。フィッティング310は、チャンネルの他の端部に螺合されている。テフロンチューブ312は、冷却用流体を吸引するためにフィッティング310に接続されている。

【0019】インダクションプラズマ源1のRFサブシステムが図5に示されている。電源は、低周波電源410及び高周波電源420を含む。低周波電源410は、約450kHzの周波数を有し、かつ動作時の出力は200~2000Wである。低周波電源410は、並列に接続されたキャパシタンス6及び8を含む低周波整合ネットワークを通してインダクションコイルの巻線に接続されている。当業者にはよく知られているように、低周波整合ネットワークは、キャビティの形状、圧力及びプラズマの状態に基づいて低周波エネルギーをプラズマキャビティ内に導くように同調されている。この実施例では、キャパシタンス6及び8は定格電圧6000Vで静電容量1200pFを有するマイカキャパシタンスである。高周波電源420は約13.56MHzの周波数を有し、動作時の出力は25~500Wである。高周波電源410は、米国ニュージャージー州KressonのRF Plasma Products社から入力可能な例えばモデルAM-5のような自動同調高周波整合ネットワーク422を通してブラテン40に接続されている。自動同調高周波整合ネットワーク422は、ウエハ32のバイアス電圧を一定にする内部直流バイアス制御を行う。

【0020】インダクションコイル18は例えば冷却水のような適切な流体によって冷却される。冷却水はバルブ442を通してソース440からインダクションコイル18へ導かれ、フロースイッチ444を通してシンク446へ戻される。冷却水は例えば、3~5barの範囲の圧力で伝達される。

【0021】インダクションプラズマ源1は機械的に複雑でなく、その製造が比較的容易であるが、高いイオン密度と良好なイオン電圧の均一性と、安定した低圧での動作を達成する。アルゴンイオンスパッタ洗浄に用いられたとき、インダクションプラズマ源1によって生み出された均一な高密度のイオンの流束によって、ウエハ3

2に印加された適切な高周波バイアス電圧と共に、薄い酸化膜及び薄い金属フィルムの堆積の前に汚染を取り除くために特に適した緩やかな低電圧アルゴンスパッタ洗浄が可能になる。この緩やかな低電圧アルゴンイオンスパッタ洗浄は、高エネルギーでの接触洗浄の間に発生するゲートの損傷を防止することができる。アルゴンイオンスパッタ洗浄はまた、シリコン表面の非結晶化ばかりでなく本来の酸化膜の除去をも原因とする第1レベル層との接触抵抗を減少させるために提供された、シリコン基板に達するようなものも含む接触部及び通路内の本来の薄い酸化膜を取り除くために効果的に用いられる。

【0022】特性表示データが図6及び図7に示されている。図6は、エッチレート（オングストローム/分）対イオン源出力（W）の種々のウエハバイアス電圧（Vdc=-50V、-75V、-100V）に対するグラフであり、半球型インダクションプラズマ源1は、0.6mTorrの圧力のアルゴン中で熱酸化膜ウエハに対して動作している。実際の空間電荷層の電位（ウエハ表面の上の全体の電圧状態）は、ウエハのバイアス電圧よりも約30V高い。図6は、高いエッチレートが非常に低い電圧レベルで達成されることを示している。200Wのイオン源（イオン源410）出力では、ウエハバイアス電圧-100Vに対してエッチレートは約250オングストローム/分であり、-50Vのウエハバイアス電圧（50%減少）に対するエッチレートは約200オングストローム/分（約20%減少）までにしか減少していない。400Wのイオン源の出力では、ウエハバイアス電圧-100Vに対してエッチレートは600オングストローム/分であり、-50Vのウエハバイアス電圧（50%減少）に対するエッチレートは約450オングストローム/分（約25%減少）までにしか減少していない。600Wのイオン源の出力では、-100Vのウエハバイアス電圧に対してエッチレートは約950オングストローム/分であり、-50Vのウエハバイアス電圧（50%減少）に対するエッチレートは約700オングストローム/分（約26%減少）までにしか減少してしない。800Wのイオン源の出力では、-100Vのウエハバイアス電圧に対するエッチレートは約1200オングストローム/分であり、-50V（50%減少）に対するエッチレートは約900オングストローム/分（約25%減少）までにしか減少していない。

【0023】図7は、イオン電流の均一性を、イオン電流（mA）対半径方向の位置（cm）の関数として表したグラフである。曲線602は、0.6mTorrのアルゴン雰囲気中で-100Vのウエハバイアス電圧で図1に示された半球型のインダクションイオン源を用いた、スパッタ洗浄プロセス中のウエハを流れるイオン電流を表したものである。イオン電流は約±1.1%しか変化していない。脚部42の上のイオン電流が均一であるだけでなく、0.6mTorrという低い圧力による操作

にもかかわらず、イオン電流は約6mAという非常に高い値になっている。曲線604は、圧力20mTorr、ウエハバイアス電圧-700Vでの従来のダイオードエッチングを用いたスパッタ洗浄プロセス中のウエハを流れるイオン電流を表している。イオン電流は約±12.9%変化している。一方、ウエハ表面のイオン電流とイオンエネルギーを個別に調整するために、2つの電源を用いた場合、半球型インダクションプラズマ源1は、ウエハ32の全体の電圧を最小にして、高いエッチレートを達成する。 1×10^{11} (イオン/cm³) より高いイオン密度によって、ウエハ全体の電圧が150V未満での3000オングストローム/分以上の熱酸化膜のエッチレートが達成される。

【0024】比較的小さい半球型インダクションプラズマ源1によって、大きく改善された結果が得られる理由を理解するために、ガスの圧力と周波数の両方が空間電荷層の電位に影響するという公知の原理について考えてみる。圧力が50または100mTorr未満に低下したとき、空間電荷層の厚み及び空間電荷層の電位差は、多くのプラズマシステムで図7の曲線604で示されたダイオードエッチングの特性で象徴されるように、数10Vから数100V若しくはそれ以上に増加し始める。それに応じて、プラズマ電位が上昇し、圧力が減少すると共にイオン-基板間の衝撃エネルギーが急激に増加する。これらの効果は、平均自由行程が長くなり、電子と分子との衝突率が低下した結果である。衝突率が低下するにもかかわらず、電子のエネルギーと電位とが上昇し、イオン化の確率を上昇させプラズマを維持する。より低い励起用ラジオ周波数は、ダイオードシステムに同様の影響を及ぼす。ガスの圧力が約100~100mTorrの範囲であって、周波数が約10MHzから約1MHz未満へ低下したとき、空間電荷の電位が再び急激に上昇し、良好にエネルギー駆動されたイオンがエッチングを援助する。圧力の増加はプラズマ維持機構が変化したことを原因とする。

【0025】一方、ダイオードシステムでは一般的に周波数と圧力とは交換可能な変数であり、低い周波数または低い圧力の何れか一方が、プラズマの維持を援助する空間電荷層の電位を増加させるが、基板に損傷を与えMOSFETデバイスのゲートの損傷の原因になる。このために、より効果的なイオン化の方法を用いることが望まれる。

【0026】半球型インダクション源1は、主に他のプラズマ源で観測されるより高いエネルギーでの接触洗浄の間に発生するゲートの損傷を防止する低圧での緩やかな低電圧かつ高速のアルゴンイオンスパッタ洗浄を可能にする。以下に半球型インダクションプラズマ源1の利点を説明する。インダクション放電は、容器20の壁付近に誘起された方位電界による低圧力（例えば、0.6mTorr以下）での動作中にインダクションプラズマ

源1内で維持される。励磁コイル内の振動電流は、振動する方位電界を生み出す軸方向の時間的に変化する磁界を発生させる。インダクションコイル18付近のプラズマの境界の領域内に入る電子は、方位電界によって加速され、インダクションコイル18の電流とは逆向きに流れる電流を生み出す。こうして、軸方向の磁界はプラズマ放電の内部ではほとんど打ち消される。従って、電界の大きさはチャンバ30の内部では非常に小さいものとなる。

【0027】インダクションコイル18付近にあるプラズマの外側部分は、プラズマ電子にエネルギーが伝えられる主な領域である。これらの電子は気体原子との弾性散乱衝突によってプラズマ体積を通して急速に拡散する。エネルギー約20eVの電子は、チャンバ30全体に亘って原子とのイオン化衝突を起こす。インダクションプラズマ源1内では、1mTorrよりも充分低い圧力（例えば0.6mTorr）ではイオンが発生してから約10cmの平均自由行程を移動した後に壁に衝突するまでに、約1回の衝突が起こる可能性があり、それは壁への自由落下といえる。低圧ではなく、数mTorrの高圧の場合、同様の長さの行程では、10回以上の衝突が起こる。この場合、イオンは壁に向かうに従って拡散する。

【0028】イオン化率の空間的な依存度は、電子がインダクションコイル18付近の外壁で励起されるために、拡散のための電子の平均自由行程と圧力とに大きく依存している。圧力が非常に低い場合（0.6mTorr）、電子の平均自由行程は電子が衝突せずに容器を移動できる長さとなる。しかし、誘起電界内の電子の平均自由行程は、同等の寸法のダイオード（平行板）システムの電界内を移動する電子の平均自由行程の100倍以上である。インダクション源はまた、“ウェーブライディング（wave riding）”及び第2注入を通る空間電荷層で主に発生するダイオードイオン化機構とは対照的な非常に大きい体積での（周囲での）イオン化を発生させる。電極の上の非常に均一なイオン電流を次のように説明することができる。電子によるイオン化衝突の可能性は、電子が中心を通過しないために、壁の付近よりも中心部分でより小さい。それにもかかわらず、中心の上のプラズマ列（plasma column）の高さが最も大きいので、電極の中心に流れる電流は、プラズマ列は高くないがイオン化率の大きい周縁部に流れる電流とほぼ等しい。

【0029】スパッタ速度は高周波バイアス電圧によって決まる。ウエハ32の表面の上の空間電荷層の電位が一定であり、スパッタ速度はイオンエネルギーの関数であるイオン電流密度とスパッタ効率との積なので、例えばSiO₂の実測されたスパッタ速度は、イオン電流密度の関数となる。脚部40の電極表面の直上（約1.9cm）のプラズマの時間的に平均された電位は、脚部の電

極の領域に亘って均一であり、一方脚部の電極表面の電位は場所によらず一定なので、空間電荷層の電位は均一である。従ってプラズマと電極表面との間の電位差である空間電荷層の電位もまた均一である。

【００３０】本発明を上述された実施例に関して説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。従って、これまで説明されなかった他の実施例及び種々の変形変更が、添付の請求項によって定義される本発明の技術的視点を逸脱するものではないことは当業者には明らかである。

【００３１】

【発明の効果】本発明によれば、高いエッチレートを達成するための適切なイオン密度、直径の大きい基板の材料を均一に除去するための均一なイオン電流、プラズマ内でのより均一なイオン分布及びアスペクト比の大きい構造内のイオンのより高い指向性を提供することのできる、簡単な構造の機械によって実施されるプラズマ源システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】プラズマエッチングシステムの半球型の誘導プラズマ源及び関連する構成要素の断面図。

【図２】図１に示された半球型誘導プラズマ源の一部切り欠き斜視図。

【図３】図１の半球型のインダクションコイルとラジオ周波数整合ネットワークとの間の接続部の平面図。

【図４】図１の半球型インダクションコイルとプラズマチャンバとの間の接続部の平面図。

【図５】図１の半球型誘導プラズマ源の等価回路。

【図６】図１の半球型誘導イオン源のエッチレート対出力のグラフ。

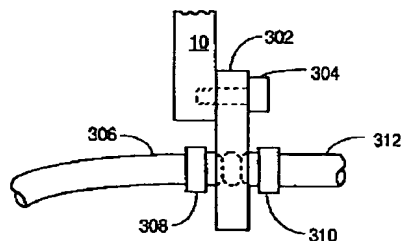
【図７】図１の半球型誘導イオン源と標準的な二極間エッチング装置とのイオン電流の均一性を表すグラフ。

【符号の説明】

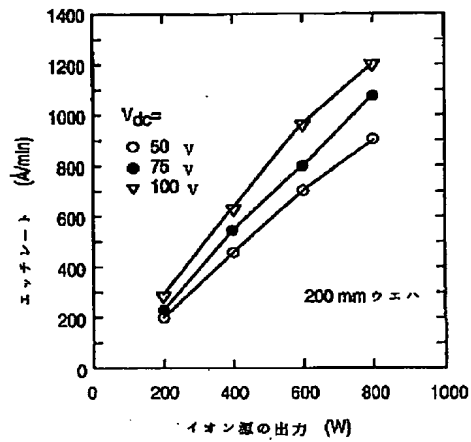
- １ 半球型誘導プラズマ源
- ２ ｒｆ 整合外被
- ４ バスバー
- ５ 絶縁ブロック

- ６、８ 整合キャパシタンス
- １０ ハウジング
- １２、１４ 型枠
- １８ インダクションコイル
- ２０ 容器
- ２２ ＲＦシール
- ２４ チャンバの上板
- ２６ ウエハ転送開口部
- ２８ ウエハ転送フランジ
- ３０ 真空チャンバ
- ３２ 基板（半導体ウエハ）
- ４０ プラテン
- ４２ 脚部
- ４４ プラテン部分
- ４６ ダークスペースリング
- ５０ ダークスペースシールド
- ５２ ベロウ
- ５４、５６ リフトピン
- ５８ ポート
- ６０ ウエハ転送領域
- ２０４ バスバー
- ２０６ チューブの端部
- ２０８ フィッティング
- ２１０ フィッティング
- ２１２ テフロンチューブ
- ３０２ バスバー
- ３０４ ネジ
- ３１０ フィッティング
- ３１２ テフロンチューブ
- ４１０ 低周波電源
- ４２０ 高周波電源
- ４２２ 自動同調高周波整合ネットワーク
- ４４０ ソース
- ４４２ バルブ
- ４４４ フローススイッチ
- ４４６ シンク

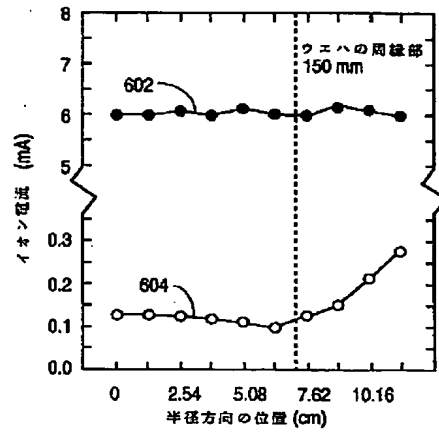
【図４】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 エリオット・ケイ・ブロードベント
アメリカ合衆国カリフォルニア州95148・
サンノゼ・コーバルコート 3208

(72)発明者 ジェイ・カークウッド・エイチ・ラフ
アメリカ合衆国カリフォルニア州95112・
サンノゼ・サウス14ストリート 264